

dem 08.01.1997



①9 BUNDESREPUBLIK  
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES  
PATENTAMT

⑫ **Offenlegungsschrift**  
⑩ **DE 197 24 558 A 1**

⑤1 Int. Cl. 8:  
**B 41 J 2/455**

⑳ Aktenzeichen: 197 24 558.7  
㉔ Anmeldetag: 11. 6. 97  
㉕ Offenlegungstag: 18. 12. 97

DE 197 24 558 A 1

③0 Unionspriorität:

668041 17.06.96 US

㉗1 Anmelder:

Eastman Kodak Co., Rochester, N.Y., US

㉗4 Vertreter:

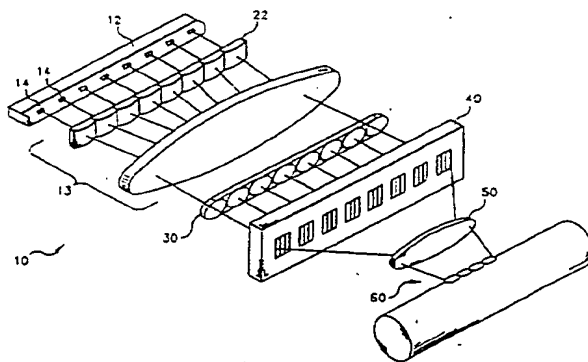
Schmidt, P., Dipl.-Ing., Pat.-Ass., 73257 Köngen

㉗2 Erfinder:

Kurtz, Andrew F., Rochester, N.Y., US; Sarraf,  
Sanwal P., Rochester, N.Y., US

⑤4 Laserdrucker mit größerem Pixelabstand in einem Modulator-Array und geringem Pixelabstand in der Bildebene

⑤7 Eine Abbildungsvorrichtung für einen Laser-Thermodrucker (10) umfaßt ein Laser-Array (12), eine Laser-Linsenordnung (22), eine Modulator-Linsenordnung (30) und ein Modulator-Array (40). Lichtstrahlen vom Laser-Array (12) werden mittels der Linsenordnung (30) auf Modulatorflächen (42) auf dem Modulator-Array (40) fokussiert, und eine Druckerlinse (50) fokussiert ein Bild der Modulator-Linsenordnung (30) auf eine Bildebene.



DE 197 24 558 A 1

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen

BUNDESDRUCKEREI 10. 97 702 051/536

14/22

Die Erfindung betrifft Laserdrucker im allgemeinen und insbesondere einen Laserdrucker mit größerem Pixelabstand (geringe Pixelfüllung) in einem Modulator-Array und einer Linsenanordnung mit annähernd 100% Pixelfüllung.

In einem typischen Laserdrucker wird die Laserstrahlung geformt und auf einer Bildebene abgebildet, um eine gewünschte Punktgröße zu erzeugen. Der als Pixel bezeichnete Punkt ist das kleinste Element des Bildes. Die Laserstrahlung wird moduliert, um pixelweise für jeden Punkt die richtige Dichte zu erzeugen. Der Laserpunkt wird in einer Zeilenrichtung abgetastet, und das Medium wird in einer Seitenrichtung bewegt um ein zweidimensionales Bild zu erhalten.

In einem kontinuierlichen Gaslaser (CW-Laser) oder in einem Festkörperlaser wird ein externer, akustisch-optischer oder elektro-optischer Modulator benutzt um die Bilddaten in den optischen Strahl einzubringen. Bei Systemen mit Festkörper-Diodenlasern wird die Laserstrahlung normalerweise moduliert, indem der Speisestrom des Lasers variiert wird. Für Drucker, in denen hochempfindliche Medien eingesetzt werden, etwa Silberhalogenidmaterialien oder ein Elektrofotoleiter, wird beim Scannen des Laserstrahls in Zeilenrichtung durch Einsatz eines rotierenden Polygonspiegels, eines Galvanometers oder eines holographischen Brechungselements ein hoher Durchsatz erzielt. Diese Drucker werden auch als Lichtpunktdrucker (Flying-Spot-Drucker) bezeichnet.

Für Drucker mit gering empfindlichen Medien, etwa einen Laser-Thermodrucker, werden leistungstärkere Laserquellen benutzt. Die Belichtungsanforderungen werden dadurch erfüllt, daß ein Laser eingesetzt wird, der in der Bildebene eine Leistung im Bereich von 0,2 bis 0,5 Joules/cm<sup>2</sup> abgibt, wobei der Strahl langsam in Zeilen- und in Seitenrichtung bewegt wird. Diese Art der Abtastung läßt sich erzeugen, indem man den Drucker wie eine "Drehmaschine" konfiguriert, wobei die Zeilenabtastung durch Drehen einer Trommel erfolgt, auf der der Film angeordnet ist. Die Seitenabtastung erfolgt durch Verfahren des Lasers parallel zur Drehachse der Trommel.

Um einen höheren Durchsatz zu erzeugen, sind höhere Leistungen erforderlich, die durch Einzeldiodenlaser nicht mehr erzielbar sind. Um einen höheren Durchsatz zu erzielen, werden viele einzelne Laser miteinander gekoppelt, um mehrere Punkte auf der Bildebene zu erzeugen. Zur Erhöhung des Durchsatzes werden mehrere Pixel gleichzeitig geschrieben. US-A-4,911,526 beschreibt eine Konstruktion eines Druckers, in dem viele einzelne Laser mit Lichtleitern gekoppelt sind.

Aufgrund der Kosten der einzelnen Laser und des Wirkungsgradverlusts durch Kopplung der Laser mit Lichtleitern wurde eine monolithische Anordnung von Lasern verlangt, die eine Verbesserung des Grundkonzepts der Verwendung mehrerer einzelner Laser darstellt. Die Elemente des Array werden direkt auf dem lichtempfindlichen Medium derart abgebildet, daß mehrere Punkte entstehen. Jedes Element des Array wird zur Erzielung verschiedener Pixeldichten einzeln moduliert. Eine derartige Vorrichtung wird in der US-A-4,804,975 beschrieben.

Aufgrund der Komplexität in der Herstellung eines Array, in dem die Leistung jedes einzelnen Laserelements einzeln moduliert werden muß, und in dem der hohe Eingangsstrom jedes Elements mit hoher Ge-

schwindigkeit moduliert werden muß sind Verbesserungen wünschenswert. Die derzeit erhältliche Treiberelektronik ist in der Herstellung teuer und kompliziert. Aufgrund der hohen Leistung, die zur Ansteuerung jedes Elements benötigt wird, ist der Drucker gegenüber thermischen und elektrischen Störeffekten empfindlich, wodurch Bildfehler entstehen können. Thermische und elektrische Störeffekte zu unterbinden, ist kompliziert und teuer. Zudem führt bereits der Ausfall eines Elements in dem Array zum Totalausfall des gesamten Arrays.

Die US-Patentanmeldung Nr. 08/283,003 beschreibt die Optik für einen thermischen Mehrkanal-Laserdrucker, in dem ein direkt moduliertes Laser-Array zum Einsatz kommt. Dieses System reduziert das thermische Übersprechen dadurch, daß jedes Quallelelement als Subarray von Einmoden-Laserelementen konstruiert ist, die durch einen Luftspalt getrennt sind. Allerdings ist der Einsatz von Subarrays teuer.

Die US-Patentanmeldung Nr. 08/261,370 beschreibt ein Laser-Array und einen Reflexions- oder Transmissions-Modulator, der mit Licht aus dem Laser-Array beleuchtet wird. Die Elemente des Modulators zerlegen den Lichtstrahl in Bildelemente. Jedes Element des Modulators wird nacheinander auf der Bildebene abgebildet, um Punkte von gewünschter Größe zu erzeugen. Gegenüber anderen Konstruktionen nach dem Stand der Technik stellt das eine Verbesserung dar, weil eine indirekte Lichtmodulation vorgesehen wird, so daß der Laser bei voller Leistung arbeitet und ausschließlich als Lichtquelle dient.

Dem effizienten Betrieb eines Laserdruckersystems mit Lichtmodulatoren steht entgegen, daß diese Modulatoren weniger als 100% optische Pixelfüllung bieten. Das bedeutet, daß die Pixel auf der Bildebene die benachbarten Pixel nicht berühren. Das liegt daran, daß Raum für die Befestigung der elektrischen Anschlüsse erforderlich ist, wodurch Modulator-Arrays entstehen, in denen die Modulatorflächen nur einen Teil des Array belegen. Zudem muß jeder Diodenlaser des Laser-Array zu jedem benachbarten Diodenlaser beabstandet sein, um ein Übersprechen zu verhindern. Das Spiegel-Array Texas Instruments Digital Mirror Device erzielt beispielsweise eine Pixelfüllung in der Bildebene von 90%. Der Lanthan dotierte Blei-Zirkonat-Titanat-Lichtventil-Array (PLZT-Array) von Minolta erzielt eine Pixelfüllung von 50%. Normalerweise geht das auf die Regionen zwischen den Modulatorpunkten fallende Licht in dem System verloren, was ineffizient ist.

Die US-Patentanmeldung Nr. 08/637,022 beschreibt einen Modulator für einen Laserdrucker, der in der Bildebene eine Füllung von 100% erzielt, indem die Elektroden auf gegenüberliegenden Seiten einer PLZT-Struktur angeordnet werden, wobei die Elektroden auf einer ersten Seite zu den Elektroden auf einer zweiten Seite versetzt sind.

US-A-5,262,888 beschreibt ein optisches System mit einer auf einen PLZT-Modulator-Array fokussierten Lampe. Das Modulator-Array wird auf einer Trommel in einem elektrofotografischen Drucker abgebildet. Es wird eine Pixelfüllung von 100% erzielt, indem Pixel in zwei abgestuften Reihen erzeugt werden, wobei die Pixel der einen Reihe zu den Pixeln der anderen Reihe versetzt sind. Innerhalb der einzelnen Reihe wird allerdings weiterhin nur eine Pixelfüllung von 50% erzielt. Da das optische System für die Elektrofotografie benutzt wird, und da der Wirkungsgrad der Lichtausbeute nicht so wichtig ist wie beim Laser-Thermodrucken,

kann der Energieverlust zwischen den Modulatorpunkten akzeptabel sein. Das Laser-Thermodrucken erfordert eine viel höhere Energiedichte als die Elektrofotografie. Zudem muß die Helligkeit der Diodenlaser für derartige Systeme auf dem Weg durch den Modulator zum Medium beibehalten werden. Das Drucksystem sollte daher Mittel bereitstellen, um die niedrige Füllung des Modulator-Array zu kompensieren, ansonsten leidet das System unter einem schlechten Wirkungsgrad.

US-Patentanmeldung Nr. 08/427,523 beschreibt ein Verfahren für einen Strahlenteiler, um die 50%ige Pixel-füllung des Modulators zu kompensieren. Diese Art von Vorrichtung formt das den Modulator beleuchtende Licht derart, daß die Lücken ausgelassen werden, und daß der Modulator dann auf dem Medium abgebildet wird. Eine derartige Vorrichtung ist umständlich, da sie versucht, Licht auf beiden Reihen eines Modulator-Array abzubilden, um auf der Bildebene eine Pixelfüllung von 100% zu erreichen.

Der vorliegenden Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, einen Laser-Thermodrucker und ein Verfahren bereitzustellen, um Pixel auf einer Bildebene derart zu erzeugen, daß in der Bildebene eine Pixelfüllung von 100% erzielt wird, wobei der Modulator innerhalb einer Reihe weniger als 100% Pixelfüllung aufweist.

Die Erfindung sieht ein Lichtmodulations- und Belichtungssystem vor, das eine Laserlichtquelle umfaßt, Mittel zum Beleuchten eines Modulator-Array mit der Laserlichtquelle, Mittel zum Abbilden von Licht aus dem Modulator-Array auf einem lichtempfindlichen Medium und Mittel zum Übertragen der auf dem lichtempfindlichen Material abzubildenden Daten in eine Reihe von Modulatorflächen auf dem Modulator-Array.

Insbesondere umfaßt die Erfindung eine Beleuchtungsoptik, die Licht aus jedem Diodenlaser in einem Laser-Array bündelt und mit im wesentlichen 100% Pixelfüllung auf einer Modulator-Linsenordnung fokussiert. Die Modulator-Linsenordnung fokussiert das Licht auf den Modulatorflächen eines Modulator-Array mit weniger als 100% Pixelfüllung. Eine nach dem Modulator-Array angeordnete Druckerlinse fokussiert ein Bild der Modulator-Linsenordnung auf einer Bildebene. Diese Anordnung erzielt auf der Bildebene in den Fällen eine Pixelfüllung von 100%, in denen die Modulatorpunkte untereinander Lücken aufweisen, jedoch ohne daß diese Anordnung komplex oder teuer wäre. Die Erfindung sowie deren Aufgaben und Vorteile wird in der detaillierten Beschreibung der nachfolgend dargestellten Ausführungsformen besser verständlich.

Die Erfindung wird im folgenden anhand in der Zeichnung dargestellter Ausführungsbeispiele näher erläutert.

Es zeigen

Fig. 1 eine perspektivische Ansicht einer erfindungsgemäßen Laserdruckvorrichtung.

Fig. 2 eine Draufsicht der in Fig. 1 gezeigten Erfindung mit Darstellung zusätzlicher Details der Optikanordnung.

Fig. 3 eine schematische Draufsicht der in Fig. 2 gezeigten Erfindung mit Details der Modulator-Linsenordnung und des Modulator-Array.

Fig. 4 eine Seitenansicht der in Fig. 1 gezeigten Erfindung mit Darstellung zusätzlicher Details der Optikanordnung.

Fig. 5 Pixeleigenschaften und relative Positionen auf und neben der Bildebene.

Fig. 6 eine Draufsicht einer alternativen Ausführungsform der Erfindung mit Details der Modulator-

Linsenordnung und des Modulator-Array.

Fig. 7 eine perspektivische Ansicht einer alternativen Ausführungsform der Erfindung mit zwei Modulator-Linsenordnungen die zwei Reihen versetzter zylindrischer Linsen aufweisen.

Fig. 8 eine schematische Ansicht einer anderen Ausführungsform der Erfindung mit einem Strahlenteiler.

Fig. 9 eine schematische Ansicht einer weiteren Ausführungsform der Erfindung mit einem großen Hohlraumlaser.

Bezugnehmend auf Fig. 1 wird ein Laser-Thermodrucker 10 gezeigt. Der Laser-Thermodrucker besteht im wesentlichen aus einem Laser-Array 12, einer Beleuchtungsoptik 13, einer Modulator-Linsenordnung 30, einem Modulator-Array 40, einer Druckerlinse 50 und einem in der Bildebene angeordneten lichtempfindlichen Material.

Das Laser-Array 12 besteht aus großflächigen Multimoden-Diodenlasern 14. Das Licht eines einzelnen Diodenlasers ist nicht kohärent mit dem Licht der anderen Diodenlaser. Das Licht aus den verschiedenen Diodenlasern kann daher überlagert werden, ohne Interferenzmuster zu erzeugen, die die Gleichmäßigkeit der Ausleuchtung beeinträchtigen würden. Zudem treten nur minimale Faserungseffekte auf. Das Profil des Laserlichts ist recht gleichmäßig, da interne Interferenzwirkungen minimiert werden.

Die Multimodenlaser 14 werden über ein einzelnes Netzteil gespeist. Da die Diodenlaser bei hoher Leistung arbeiten, können sie aufgrund potentieller thermischer Nebensprecheffekte nicht eng zusammengepackt angeordnet werden. Die aktiven Bereiche der Diodenlaser sind daher separat angeordnet, wobei jeder nur einen Bruchteil der Array-Länge belegt.

Jeder der Diodenlaser 14 wird vergrößert und derart überlagernd abgebildet, daß das Modulator-Array 40 flächig beleuchtet wird, um eine Redundanz gegen den Ausfall einzelner Diodenlaser zu erzielen. Für die flächige Beleuchtung sind naturgemäß großflächige Multimoden-Laserdioden geeignet. Das Lichtprofil von den Multimoden-Diodenlasern ist gleichmäßiger als das Gauss'sche Profil der Einzelmoden-Diodenlaser und beleuchtet das Modulator-Array 40 daher gleichmäßiger. Da das thermische Medium erst ab einem gewissen Schwellenwert reagiert, sind Gauss'sche Punkte mit langen Ausläufern wie bei Einzelmoden-Lasern für das Drucken nicht optimal geeignet. Die in der nachfolgend näher beschriebenen Erfindung benutzte Optik bildet gleichmäßig beleuchtete Pixel auf dem Medium ab, wobei die resultierenden Pixelprofile steilere Flanken als ein Gauss'sches Profil aufweisen und sich für das Thermodrucken daher besser eignen.

Die Breite der Abstrahlfläche jedes Diodenlasers 14 beträgt normalerweise ca. 1 µm, die Länge der Abstrahlfläche ca. 100 bis 200 µm. Die numerische Apertur der emittierten Strahlen beträgt in der Array-Richtung ca. 0,10 bis 0,14 und in der Richtung quer zum Array 0,5 bis 0,6. Das Laser-Array 12 besteht aus 10 bis 20 Diodenlasern 14. Zur Illustration zeigt Fig. 2 zwölf Diodenlaserelemente. Jedes Diodenlaserelement emittiert ca. 1 Watt Leistung im nahen Infrarot Bereich bei einer Wellenlänge zwischen 750 und 900 nm. Ein typischer Laser-Array ist beispielsweise der Optopower OPC-A010 Laser (Opto Power Corporation, City of Industry, CA, USA). Hierbei handelt es sich um ein Laser-Array mit 10 Watt Leistung, das aus 12 Diodenlasern besteht, die jeweils 200 µm breit und mit einer Gitterkonstante von 800 µm beabstandet sind, um eine gesamte Laser-

Array-Länge von 9,0 mm zu erhalten. Dieses Laser-Array emittiert linear polarisiertes Licht von 810 nm bei einer numerischen Apertur von 0,12 in einer Array-Richtung und einer numerischen Apertur von 0,6 in einer Richtung quer zum Array.

Es ist schwierig, das Licht aus einer Quelle von 9 bis 10 mm Breite und einer numerischen Apertur von 0,6 zu sammeln. (Zum Vergleich: das Bildfeld eines Mikroskop-Objektivs mit einer numerischen Apertur von 0,5 ist normalerweise nur einen Bruchteil eines Millimeters groß). Es werden daher komplexe Beleuchtungsoptiken benutzt, um das Licht von den Diodenlasern 14 zu sammeln, zu kollimieren, zu formen und zu vereinigen. Aufgrund der sehr unterschiedlichen Lichtemissionseigenschaften der Diodenlaser in Array-Richtung und in Array-Querrichtung ist das in Fig. 1 und 2 gezeigte optische System anamorphotisch, insbesondere vor dem Modulator-Array 40. Fig. 2 zeigt Details des optischen Systems in einer Array-Richtung, einer Richtung parallel zur Längsachse des Laser-Array 12 vom Laser zur Bildebene.

Die Beleuchtungsoptik 13 kann verschiedene Formen annehmen. In der bevorzugten Ausführungsform umfaßt sie eine Laser-Linsenordnung 22 zum Kollimieren des Lichts aus den Diodenlasern 14, eine Bündellinse 24 zum Abbilden der Diodenlaser 14 derart, daß die Bilder der Diodenlaser auf die Größe des Modulator-Array 40 vergrößert werden und sich einander überlagern, sowie eine Feldlinse 26, um das Licht aus der Feldlinse auf das Modulator-Array 40 zu telezentrieren. Die Laser-Linsenordnung 22 kollimiert das Licht aus den einzelnen Diodenlasern in der Array-Richtung und besteht vorzugsweise aus zylindrischen Linsenelementen, die entweder lichtbrechend oder ablenkend sein können.

Die Laser-Linsenordnung 22 reduziert den Array-Lagrange-Wert (halbe Breite mal der numerischen Apertur) von 0,54 mm auf 0,144 mm, indem die Lücken von 600 µm zwischen den Diodenlasern 14 wirksam entfernt werden. (Zum Vergleich: die meisten Laserquellen weisen wesentlich kleinere Lagrange-Werte im Bereich von 0,002 bis 0,004 mm auf). Da jede Laserdioden eine Multimodenquelle ist, weist der Ausgangsstrahl keinen typischen Gauss'schen Profilcharakter auf. Die Strahlprofile in Array-Richtung haben typischerweise eine relativ flache Intensitätsverteilung mit einigen Wellen und Kantenabrundungen. Die Quellen sind im wesentlichen nicht kohärent, so daß das Licht von einem Diodenlaser keine Interferenzen mit dem Licht von anderen Diodenlasern bildet. Die Kombination der großen Lagrange-Werte mit der inkohärenten nicht Gauss'schen Emission bedeutet, daß man sich diese Laser als kleine verlängerte Lichtquellen vorstellen kann. Wenn daher diese Laser auf der Modulator-Linsenordnung 30 und dem Modulator-Array 40 zusammen oder flächig abgebildet werden, müssen sowohl die physikalischen als auch die geometrischen optischen Einflüsse berücksichtigt werden.

Eine Modulator-Linsenordnung 30 mit 100% Pixelfüllung bündelt und fokussiert das Licht von der Beleuchtungsoptik 13 derart, daß es auf dem Modulator-Array 40 in die Modulatorflächen 42 paßt. Die Modulator-Linsenordnung 30 besteht vorzugsweise aus entweder brechenden oder beugenden zylindrischen Elementen 32, deren Brennweite derart vorbestimmt ist, daß die Modulatorflächen 42 gerade knapp gefüllt werden. Jedes zylindrische Element 32 berührt die benachbarte Linse, um somit der Modulator-Linsenordnung 30 eine Pixelfüllung von 100% zu verleihen.

Das Modulator-Array 40 hat eine Pixelfüllung von 50%. Das bedeutet, daß die Modulatorflächen 42 nur die Hälfte der Länge des Modulator-Array belegen. In der bevorzugten Ausführungsform ist das Modulator-Array 40 eine elektrooptische Vorrichtung, aus einem Material, das die optischen Polarisationsseigenschaften gemäß der Stärke eines elektrischen Feldes verändert. Ein in einer derartigen Vorrichtung typischerweise benutztes Material ist Lanthan dotiertes Blei-Zirkonat-Titanat (PLZT).

In der Array-Richtung, einer Richtung, die ungefähr parallel zur Längsachse des Laser-Arrays 12 verläuft, bildet die Druckerlinse 50 nicht das Modulator-Array 40, sondern die Modulator-Linsenordnung 30 auf der Bildebene 60 ab, wobei der Pixelfüllfaktor von 100% der Modulator-Linsenordnung erhalten bleibt. In der optischen Konstruktion werden die Modulatorflächen 42 als Fenster betrachtet.

Die Druckerlinse 50 umfaßt eine Anzahl optischer Elemente. Zu den typischen Elementen zählt eine Feldlinse 52, ein Polarisationsanalysator 53, der Licht der richtigen Polarität vom Modulator-Array 40 zur Bildebene 60 durchläßt, eine Konkavlinse 54 sowie Linsen 56 und 58. Die Druckerlinse 50 bewegt sich als eine Einheit. Die Druckerlinse 50 hat in der bevorzugten Ausführungsform keine anamorphotische Konstruktion. Zwar könnte eine anamorphotische Konstruktion den Astigmatismus zwischen Array-Richtung und quer zum Array korrigieren, wodurch das System in der Schärfentiefe quer zum Array weniger anfällig würde, aber die Druckerlinse wäre komplizierter und aufwendiger.

Die Diodenlaser 14 werden durch die Beleuchtungsoptik 13 überlappend auf dem Modulator-Array 40 abgebildet. Somit senden alle Diodenlaser Licht auf alle Modulatorstellen. Dank dieser Redundanz wird das System gegenüber dem Betrieb eines bestimmten Diodenlasers desensibilisiert. Beispielsweise fällt der in Fig. 2 gezeigte Mittelpunkt der Diodenlaser 14a und 14f auf den Mittelpunkt des Modulator-Array 40. Desgleichen werden die Ränder jedes Diodenlasers auf die Ränder des Modulator-Array 40 abgebildet, wie anhand der Strahlen aus dem Diodenlaser 14b gezeigt. Jede Linse der Modulator-Linsenordnung 30 wird von der Druckerlinse 50 auf der Bildebene 60 abgebildet, wie anhand von Strahl "b" gezeigt.

In Fig. 3 zeigen die Strahlen "a" die Fokussierung durch die Modulatorlinsen auf die Modulatorflächen 42. Die Modulator-Linsenordnung 30 liegt um eine Brennweite (der Modulator-Linsenordnung) zur Feldlinse 26 und zum Modulator-Array 40 entfernt. Da jede Linse 32 der Modulator-Linsenordnung 30 die gesamte Laser-Linsenordnung 22 auf eine gegebene Modulatorfläche 42 abbildet, ist das einfallende Licht zu den Modulatorflächen 42 telezentrisch. Dies wird durch die Strahlen "c" gezeigt. Strahl "b" zeigt, wie ein Achsenstrahl (aus Sicht der Druckerlinse) durch das Modulator-Array 40 tritt.

Jede der Linsen 32 in der Modulator-Linsenordnung 30 bildet die gesamte Breite der Laser-Linsenordnung 22 auf jede Modulatorfläche 42 ab, jedoch mit einem Bruchteil der numerischen Apertur, die auf die gesamte Modulatorebene einfällt. Unter der Voraussetzung, daß die Größe der Laser-Linsenordnung 22, die Größe der Modulatorpunkte 42 und die Brennweite der Bündellinse 24 bekannt sind, kann die Vergrößerung für die Modulatorflächen 42 und die Brennweite der Modulatorlinse ermittelt werden. Allerdings ist die numeri-

sche Teilapertur durch die Teilung durch N, der Anzahl der Linsen, relativ klein, beispielsweise 0,03. Durch die nicht kohärente Art der Beleuchtung ist hier das Airy'sche Beugungsscheibchenmodell der physikalischen Optik für die Größe eines fokussierten Punktes von Bedeutung. Der Airy-Scheibchenpunktdurchmesser für einen Strahl mit einer numerischen Apertur von 0,03 beträgt 33  $\mu\text{m}$ , was sowohl in Relation zur Breite der Modulatorflächen 42 von 63,5  $\mu\text{m}$  als auch zum geometrischen Abbild der Laser-Linsenordnung 22 viel ist. Die tatsächliche Punktgröße kann durch Konvolvieren der geometrischen Breite mit dem Airy-Scheibchenpunkt geschätzt werden. Anhand dieser Schätzung läßt sich eine akzeptable Brennweite der Modulator-Linsenordnung sowie eine entsprechende numerische Apertur für die Modulatorflächen auf der Basis der Größe der Modulatorfläche und eines Toleranzfaktors für Lichtverluste ermitteln. Für das beschriebene System wurde eine Brennweite der Modulator-Linsenordnung von 2,35 mm gewählt. Der geometrische Punktdurchmesser betrug 35  $\mu\text{m}$ , der Durchmesser des Airy-Scheibchens 31  $\mu\text{m}$  und der konvolvierte Punktdurchmesser betrug 55  $\mu\text{m}$ . Dieses Maß paßt bei Berücksichtigung eines gewissen Spiels in die Modulatorflächen 42, wobei an den Rändern des Punktes ein sehr geringer Lichtverlust auftritt. Der Bereich der akzeptablen Brennweiten für die Linsen 32 der Modulator-Linsenordnung 30 wurde mit 2,1 bis 2,7 mm ermittelt, was ein deutlicher Unterschied zu der Brennweite von 7,2 ist, die unter ausschließlicher Berücksichtigung geometrischer Überlegungen entstünde. Bei dieser Analyse werden die Abberationseffekte außer Acht gelassen.

Fig. 4 zeigt das optische System quer zum Array, das sich in dem Bereich vor dem Modulator-Array 40 deutlich von dem in Array-Richtung unterscheidet. In der Richtung quer zum Array fokussiert die Beleuchtungsoptik 13 das Licht auf das Modulator-Array 40 und nicht auf die Modulator-Linsenordnung 30. Im Vergleich zur Array-Richtung bildet die Druckerlinse 50 das Modulator-Array 40 quer zur Array-Richtung auf der Bildebene 60 ab, statt die Modulator-Linsenordnung 30 auf der Bildebene 60 abzubilden. Zeilen 44 und 46 der Modulatorflächen 42 sind vertikal zueinander versetzt. (Zur Verdeutlichung werden viele der in Fig. 2 gezeigten optischen Elemente des Array in Fig. 4 nicht gezeigt). In Richtung quer zum Array emittieren die Diodenlaser 14 das Licht zusammenhängend in einem Gauß'schen Strahlenprofil. Die Druckerlinse 50 ist zum Modulator-Array 40 und zur Bildebene 60 vorzugsweise telezentrisch, und zwar sowohl in Richtung quer zum Array als auch in Array-Richtung.

Fig. 5 zeigt die Pixel- oder Punktgröße auf der Bildebene. Hierbei handelt es sich, wie in Fig. 2, um eine Draufsicht, wobei die Pixel 62 und 64 entlang der Array-Achse zur besseren Darstellung um 90° gedreht sind. In Array-Richtung werden die Linsen 32 der Modulator-Linsenordnung 30 auf eine Stelle ( $Z_1$ ) abgebildet, und die Modulatorflächen 42 auf eine andere Stelle ( $Z_2$ ), und zwar um einen kleinen Betrag hinter der Bildebene 60. In Richtung quer zum Array, wobei das Modulator-Array 40 auf  $Z_2$  abgebildet wird, erfolgt keine wirksame Abbildung der Modulator-Linsenordnung 30. Zwischen den Foki in Array-Richtung und quer zum Array herrscht Astigmatismus. Die Strahlengröße quer zum Array am gewünschten Punkt  $Z_1$ , also der Lage der Bildebene 60, kann anhand der Strahl-Defokussierung quer zum Array ermittelt werden. Die Schärfentiefe quer zum Array muß groß genug sein, um die Pixelgröße

Be quer zum Array beizubehalten, so daß die Leistungsdichte über die Distanz  $\Delta z$  nicht wesentlich reduziert wird. Die fokussierten Pixel in Ebene  $Z_1$  haben eine geringere Leistungsdichte als die Pixel in Ebene  $Z_2$ , da sich die Array-Pixelgröße um den Faktor 2 ändert, wie in Fig. 5 gezeigt.

Alternativ hierzu könnte das System mit der Ebene  $Z_2$  aus Fig. 5 als Bildebene benutzt werden. In diesem Fall entfällt der Astigmatismus zwischen dem Licht in Array-Richtung und in Richtung quer zum Array und das System ist weniger anfällig gegenüber der Schärfentiefe quer zum Array. Da die Ebene  $Z_2$  die Ebene der höchsten Leistungsdichte ist, würde das System auf diese Weise effizienter drucken. Doch weil die gedruckten Pixel nicht unmittelbar benachbart, sondern um eine Pixelbreite bestanden sind (50% Pixelfüllung), muß zur Steuerung des Druckvorgangs ein Interleaving erfolgen, um die Lücken zu füllen. Dies würde einen komplexeren elektronischen Datenweg erfordern.

In einer in Fig. 6 gezeigten alternativen Ausführungsform werden zusätzliche Linsen unmittelbar hinter dem Modulator-Array 40 benutzt. Eine dritte Linsenordnung 70, die ungefähr um die Länge einer Brennweite zum Modulator-Array 40 beabstandet ist, kollimiert das Licht aus den Modulatorflächen 42, wie anhand des Strahls x gezeigt. Da das Laser-Array 12 einen nennenswerten Feld- und Lagrange-Wert aufweist, kann das Licht abseits der Diodenlaserachse, durch Strahl y gezeigt, durch einen Modulatorpunkt treten und die falsche Ausgangsseite der Linse 72 treffen, wie anhand Strahl  $y^1$  gezeigt. Dies erzeugt ein Nebensprechen sowie einen potentiellen Lichtverlust durch Vignettierung in der Druckerlinse. Korrigiert wird das durch Anordnen einer vierten Linsenordnung 80 in der Modulatorebene, die die Modulator-Linsenordnung 30 auf die dritte Linsenordnung 70 abbildet. Der Strahl y wird dann auf den Strahlengang  $y^2$  umgeleitet. In dieser Ausführungsform bildet die Druckerlinse die Linsenordnung 70 auf der Bildebene mit 100% Pixelfüllung ab. Dies vermeidet die unübliche Konstruktion, mit der ein Objekt, also die Modulator-Linsenordnung 30, durch ein Fenster (die Modulatorflächen 42) abgebildet wird. Diese alternative Ausführungsform macht das System allerdings komplizierter, da die zusätzliche dritte Linsenordnung 70 und die vierte Linsenordnung 80 ausgerichtet werden müssen. Zudem verringern die zusätzlichen Komponenten die Effizienz und erhöhen die Kosten.

In einer anderen Ausführungsform sind zwei Reihen versetzter Modulator-Linsenordnungen 82 und 84 mit 100% Pixelfüllung übereinander angeordnet, wie in Fig. 7 gezeigt. Die Modulator-Linsenordnungen 82 und 84 sind an ein Modulator-Array mit zwei Reihen vertikal versetzter Modulatorpunkte mit 50% Pixelfüllung angepaßt. (Die Strichlinien in Fig. 7 zeigen, daß die beiden Linsenreihen seitlich um eine halbe Linsenbreite versetzt sind). Auf diese Weise kann mit einem Modulator, der in jeder Reihe nur eine Pixelfüllung von 50% aufweist, eine Pixelfüllung von 100% auf der Bildebene erreicht werden. In einer anderen Ausführungsform können die Linsen 82 und 84 in beiden Richtungen wirken, insbesondere, wenn die Linsen nicht quadratisch sondern rechteckig sind. Sowohl die bevorzugte Ausführungsform als auch die alternativen Ausführungsformen können Modulatorflächen mit anderen Formen beinhalten.

Da die beiden Reihen der in Fig. 4 gezeigten Modulatorflächen 46 und 44 vertikal zueinander versetzt sind,

wird ein Strahlenteiler 90 vorgesehen, um das einfallende Licht in zwei Strahlen aufzuteilen, die auf zylindrische Linsen aus Linsenanordnungen 82 und 84 gelenkt werden. Der Strahlenteiler 90 ist vor der Feldlinse 26 angeordnet. Somit ist der Lichteinfall in den Spalt zwischen den beiden Reihen der Modulatorflächen minimal, siehe Fig. 4. In dieser Konfiguration kann die Druckerlinse bei einer durch Versatz erzielten Pixelfüllung von 100% statt der Linsenanordnung das Modulator-Array auf die Bildebene abbilden. Auf diese Weise behält das System einen hohen Wirkungsgrad bei und stellt Punkte mit hoher Leistungsdichte zur Verfügung, ohne die Tiefenschärfe zu beeinträchtigen. Da es auf der Bildebene für jede Reihe zu einer wirksamen Pixelfüllung von 100% kommt, ist ein Daten-Interleaving der Reihen nicht erforderlich, obwohl die beiden Datenreihen zeitverzögert geschrieben werden. Dieses System weist eine zusätzliche Komplexität auf, da weitere Komponenten erforderlich sind, wie der Strahlenteiler und die Kompensatorplatte 92.

Eine weitere alternative Ausführungsform benutzt eine völlig andere Laserquelle, etwa einen einzelnen, großen Hohlraumlaser, beispielsweise einen ND-YAG oder einen Excimer-Laser 97, wie in Fig. 9 gezeigt. In seiner einfachsten Form ist dem Laser 97 ein System 98 zur Strahlaufweitung nachgeordnet, um den Strahl auf die Größe des Modulator-Array 40 zu bringen. Vor dem Modulator werden (nicht gezeigte) Homogenisierungsoptiken benutzt, um den Strahl gleichmäßig zu machen. Der Strahl wird dann von der Modulator-Linsenanordnung 30 mit 100% Pixelfüllung fokussiert, um den Strahl durch die Modulatorflächen 42 zu bündeln. Nach dem Modulator-Array 40 kann eine Druckerlinse 50 entweder direkt benutzt werden, wie in Fig. 2 gezeigt, oder indirekt mit einer dritten Linsenanordnung 70, die der Druckerlinse vorausgeht, wie in Fig. 2 gezeigt. Im ersten Fall bildet die Druckerlinse 50 die Modulator-Linsenanordnung 30 auf die Bildebene ab. Im zweiten Fall wird die dritte Linsenanordnung 70 mit 100% Pixelfüllung direkt auf die Bildebene abgebildet. Eine vierte Linsenanordnung ist nicht erforderlich, denn ein großer Hohlraumlaser hat normalerweise einen wesentlich kleineren Lagrange-Wert als ein Diodenlaser-Array. Ein großer Hohlraumlaser weist praktisch kein Feld auf. Der Strahl kann im wesentlichen ohne Streuung, Nebensprechen oder Vignettierung durch die Modulatorflächen und die Druckerlinse treten. In einem derartigen System kommt allerdings nur eine Laserquelle zum Einsatz, so daß keine Redundanz vorhanden ist. Derartige Laser können im Vergleich zu einem Diodenlaser-Array recht teuer sein.

Die zahlreichen Merkmale und Vorteile der Erfindung sind aus der detaillierten Beschreibung ersichtlich, wobei die anhängenden Ansprüche alle diese Merkmale und Vorteile der Erfindung abdecken, die in den Schutzbereich der Erfindung fallen. Die Beschreibung richtete sich insbesondere auf Elemente, die Teil der erfindungsgemäßen Vorrichtung sind oder direkt damit zusammenwirken. Obwohl einige erfindungsgemäße Ausführungsformen aufgezeigt und beschrieben wurden, ist die Erfindung natürlich nicht auf diese beschränkt, sondern kann zahlreichen, Fachleuten bekannten Änderungen und Abwandlungen unterzogen werden. Obwohl die Erfindung im Umfeld eines Laserthermodruckers beschrieben wurde, kann sie auch in anderen Arten von Vorrichtungen verwertet werden, die eine Abbildung auf einer Bildebene vornehmen. Die Verwendung von Linsenanordnungen vor einem Modulator mit große-

rem Pixelabstand ist nicht auf Modulator-Arrays mit 50% Pixelfüllung beschränkt sondern auf alle Modulator-Arrays anwendbar, die weniger als 100% Pixelfüllung aufweisen.

#### 5 Bezugszeichenliste

- 10 Laser-Thermodrucker
- 12 Laser-Array
- 10 13 Beleuchtungsoptik
- 14 Diodenlaser
- 22 Laser-Linsenanordnung
- 24 Bündellinse
- 26 Feldlinse
- 15 30 Modulator-Linsenanordnung
- 32 zylindrische Elemente
- 40 Modulator-Array
- 42 Modulatorflächen
- 50 Druckerlinse
- 20 60 Bildebene
- 70 dritte Linsenanordnung
- 72 Linse
- 80 vierte Linsenanordnung
- 82 Linsenanordnung
- 25 84 Linsenanordnung
- 90 Strahlenteiler
- 92 Kompensatorplatte
- 97 Excimer-Laser
- 30 98 Strahlaufweitungssystem

#### Patentansprüche

1. Verfahren zum Abbilden mehrstrahliger Laserquellen auf ein Druckmedium, gekennzeichnet durch folgende Verfahrensschritte:

- Erzeugen einer Vielzahl von Lichtstrahlen;
- Verringern der Lichtstrahlendivergenz;
- Zusammenführen der Lichtstrahlen;
- flächigem Beleuchten jeder Linse auf einer Mehrfach-Linsenanordnung (30) mit annähernd 100% Pixelfüllung durch die zusammengeführten Lichtstrahlen;
- Fokussieren des Lichtes aus jeder Linse der Mehrfach-Linsenanordnung (30) auf Modulatorflächen eines Modulator-Arrays (40), das im wesentlichen weniger als 100% Pixelfüllung aufweist; und
- Abbilden der Linsenanordnung (30) auf das Druckmedium derart, daß eine Vielzahl von Pixeln mit einer Pixelfüllung von annähernd 100% gebildet wird.

2. Laserdrucker (10) zum Drucken auf einem Druckmedium, gekennzeichnet durch:

- ein Laser-Array (12), das eine Vielzahl von Diodenlasern (14) umfaßt, die in einer ersten Längsrichtung angeordnet sind, wobei jeder Diodenlaser einen separaten Lichtstrahl ausgibt;
- Beleuchtungsoptiken (13) zum Sammeln der Lichtstrahlen aus der Vielzahl der Diodenlaser, um in einer zweiten Längsrichtung, die ungefähr parallel zur ersten Längsrichtung verläuft, eine flächige Beleuchtung zu erzielen;
- eine Modulator-Linsenanordnung (30) mit einer Vielzahl von Linsen (32), wobei diese Modulator-Linsenanordnung in der zweiten Längsrichtung annähernd 100% Pixelfüllung aufweist;

— ein Modulator-Array (40) mit einer Vielzahl von Modulatorflächen (42), wobei dieser Modulator-Array im wesentlichen weniger als 100% Pixelfüllung in einer zur ersten Längsrichtung parallelen dritten Längsrichtung aufweist, wobei jede Linse in der Modulator-Linsen-anordnung (30) Licht von der Beleuchtungsoptik (13) auf jede Modulatorfläche (42) fokussiert; und  
 — eine Druckerlinse (50), die derart ausgebildet ist, daß sie die Modulator-Linsen-anordnung (30) als Anordnung von Pixeln mit annähernd 100% Pixelfüllung in einer vierten Längsrichtung ungefähr parallel zur ersten Längsrichtung auf dem Druckmedium abbildet.

3. Laserdrucker (10) nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, daß jede der Linsen der Modulator-Linsen-anordnung eine vorgegebene Brennweite hat, und daß die Modulator-Linsen-anordnung (30) um die Länge dieser vorgegebenen Brennweite vor dem Modulator-Array (40) angeordnet ist.

4. Laserdrucker (10) nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, daß die Diodenlaser (14) Multimoden-Diodenlaser sind.

5. Laserdrucker (10) nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, daß die Linsen (32) zylindrische Elemente sind.

6. Laserdrucker (10) nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, daß Licht aus der Modulator-Linsen-anordnung (30) auf die Modulatorflächen (42) fokussiert wird.

7. Laserdrucker (10) nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, daß die Beleuchtungsoptik (13) Licht aus jedem Diodenlaser (14) derart zusammenführt, daß das Licht aus jedem Diodenlaser jeder Linse (32) der Modulator-Linsen-anordnung (30) zugeführt wird.

8. Abbildungsvorrichtung für einen Laserdrucker gekennzeichnet durch:

- ein Laser-Array (12), das eine Vielzahl von Diodenlasern (14) umfaßt, die jeweils einen Lichtstrahl emittieren;
- eine erste Linsen-anordnung (22), die eine Vielzahl erster, zum Laser-Array (12) benachbarter Linsen aufweist, wobei jede dieser ersten Linsen das Licht aus dem Diodenlaser (14) kollimiert, der dieser ersten Linse zugeordnet ist;
- eine Bündellinse (24), die das Licht aus den ersten Linsen vergrößert und überlagert;
- eine Feldlinse (26), die das Licht aus der Bündellinse (24) derart anpaßt, daß es zu einer zweiten Linsen-anordnung (30) telezentrisch ist, die eine Mehrzahl zweiter Linsen (32) umfaßt, wobei jede dieser zweiten Linsen die ihr benachbarten Linsen berührt;
- ein Modulator-Array (40) mit Modulatorflächen (42), die von benachbarten Modulatorflächen (42) um einen vorbestimmten Abstand beabstandet sind, wobei jede der zweiten Linsen (32) Licht aus der Feldlinse (26) auf die Modulatorflächen (42) fokussiert; und
- eine Druckerlinse (50) zum Abbilden der zweiten Linsen-anordnung (30) auf eine Bildebene (60) derart, daß auf der Bildebene eine Pixelfüllung von annähernd 100% erzielt wird.

9. Bilderzeugungsvorrichtung nach Anspruch 8, da-

durch gekennzeichnet, daß:

- eine dritte Linsen-anordnung (70) mit einer Vielzahl dritter Linsen (72) zwischen dem Modulator-Array (40) und der Druckerlinse (50) angeordnet ist und um die Länge einer Brennweite zu dem Modulator-Array (40) beabstandet ist, wobei jede dieser dritten Linsen (72) einer Modulatorfläche (42) zugeordnet ist und Licht aus dieser Modulatorfläche sammelt; und

- eine vierte Linsen-anordnung (80) vorgesehen ist, die eine Vielzahl vierter Linsen umfaßt, die dem Modulator-Array (40) unmittelbar benachbart sind, wobei jede dieser vierten Linsen einer Modulatorfläche (42) zugeordnet ist und jede der zweiten Linsen (32) auf eine entsprechende dritte Linse (72) abbildet.

10. Abbildungsvorrichtung für einen Laserdrucker gekennzeichnet durch:

- ein Laser-Array (12), das eine Vielzahl von Diodenlasern (14) umfaßt, die jeweils einen Lichtstrahl emittieren;

- eine erste Linsen-anordnung (22), die eine Vielzahl erster Linsen umfaßt, wobei die erste Linsen-anordnung (22) dem Laser-Array (12) benachbart ist, wobei jede dieser ersten Linsen das Licht aus dem Diodenlaser (14) kollimiert, der dieser ersten Linse zugeordnet ist;

- eine Bündellinse (24), die das Licht aus den ersten Linsen vergrößert und überlagert;

- eine Feldlinse (26), die das Licht aus der Bündellinse (24) derart anpaßt, daß es zu einer Modulator-Linsen-anordnung (30) telezentrisch ist, die eine Mehrzahl zweiter Linsen (32) umfaßt, wobei jede dieser zweiten Linsen die ihr benachbarten Linsen berührt;

- ein Modulator-Array (40) mit Modulatorflächen (42), die von benachbarten Modulatorflächen (42) um einen vorbestimmten Abstand beabstandet sind, wobei jede der zweiten Linsen (32) Licht aus der Feldlinse (26) auf die Modulatorflächen (42) fokussiert; und

- eine Druckerlinse (50), die darauf ausgelegt ist, das Modulator-Array (40) auf einer Bildebene (60) abzubilden.

11. Laserdrucker (10) zum Drucken auf einem Druckmedium mit einem großen Hohlraumlaser (97), der einen Lichtstrahl emittiert, gekennzeichnet durch:

- Beleuchtungsoptiken (98) zum Aufweiten und Kollimieren des Lichtstrahls;

- eine Modulator-Linsen-anordnung (30) mit einer Vielzahl von ersten Linsen (32), die in der Längs-Richtung der Linsen-anordnung eine Pixelfüllung von annähernd 100% aufweisen;

- ein Modulator-Array (40) mit einer Vielzahl von Modulatorflächen (42), die in einer Array-Richtung wesentlich weniger als 100% Pixelfüllung aufweisen, wobei jede der ersten Linsen (32) in der Modulator-Linsen-anordnung (30) Licht aus der Beleuchtungsoptik (98) auf entsprechende Modulatorflächen (42) abbildet; und

- eine Druckerlinse (50), die darauf ausgelegt ist, eine Anordnung von Pixeln auf eine Bildebene (60) abzubilden, wobei diese Pixel in einer Array-Richtung eine Pixelfüllung von annähernd 100% aufweisen.



12. Laserdrucker (10) nach Anspruch 11, dadurch gekennzeichnet, daß die Druckerlinse (50) die Modulator-Linsenordnung (30) auf das Druckmedium abbildet.

13. Laserdrucker (10) nach Anspruch 11, dadurch gekennzeichnet, daß eine dem Modulator-Array (40) nachgeordnete Linsenordnung (70), bestehend aus einer Vielzahl zweiter Linsenelemente ungefähr um die Länge einer Brennweite zu dem Modulator-Array (40) beabstandet und vor der Druckerlinse (50) angeordnet ist; und daß die Druckerlinse (50) die nachgeordnete Linsenordnung (70) auf dem Druckmedium abbildet.

---

Hierzu 5 Seite(n) Zeichnungen

---

15

20

25

30

35

40

45

50

55

60

65



- Leerseite -

**THIS PAGE BLANK (USPTO)**

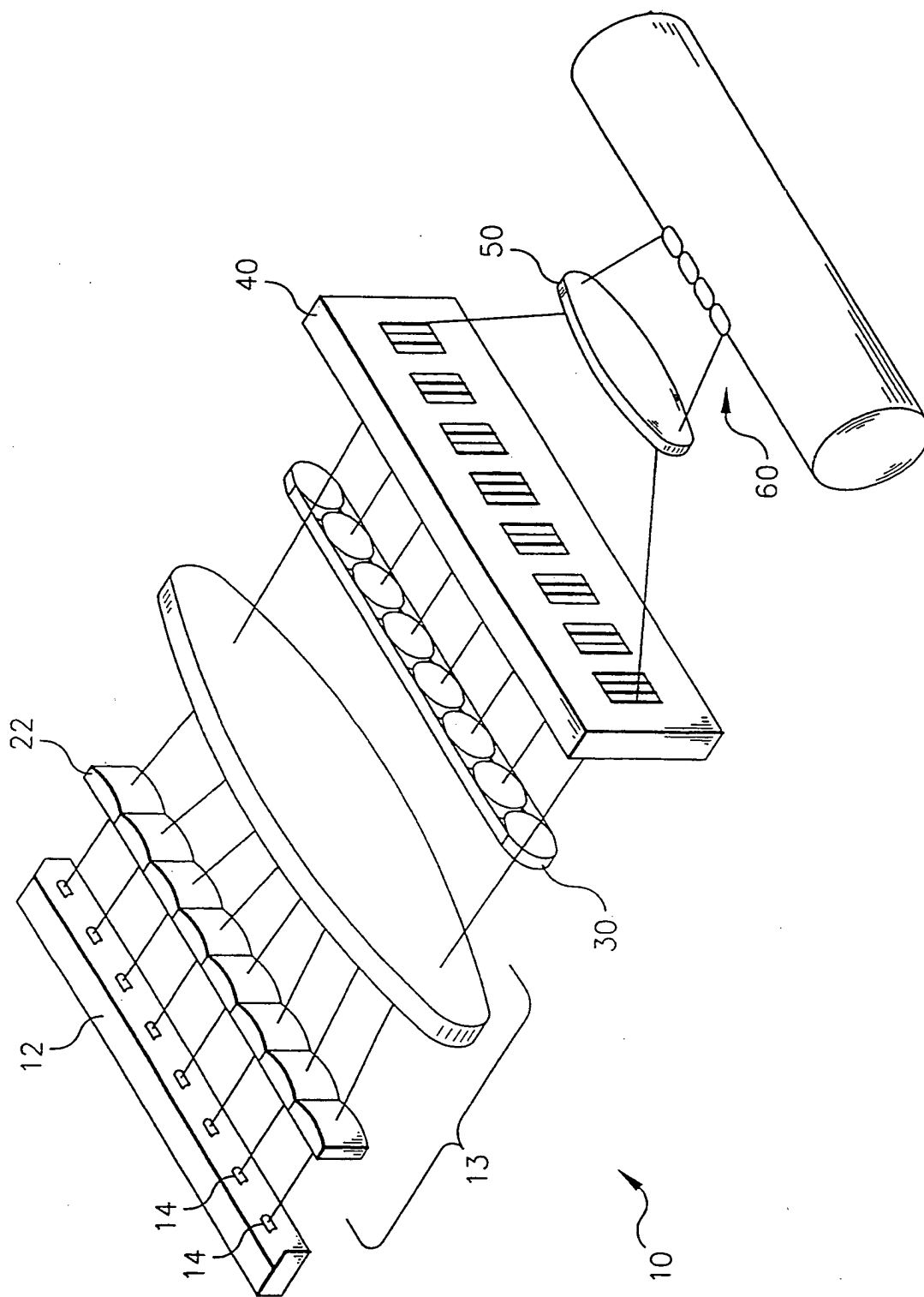


FIG. 1

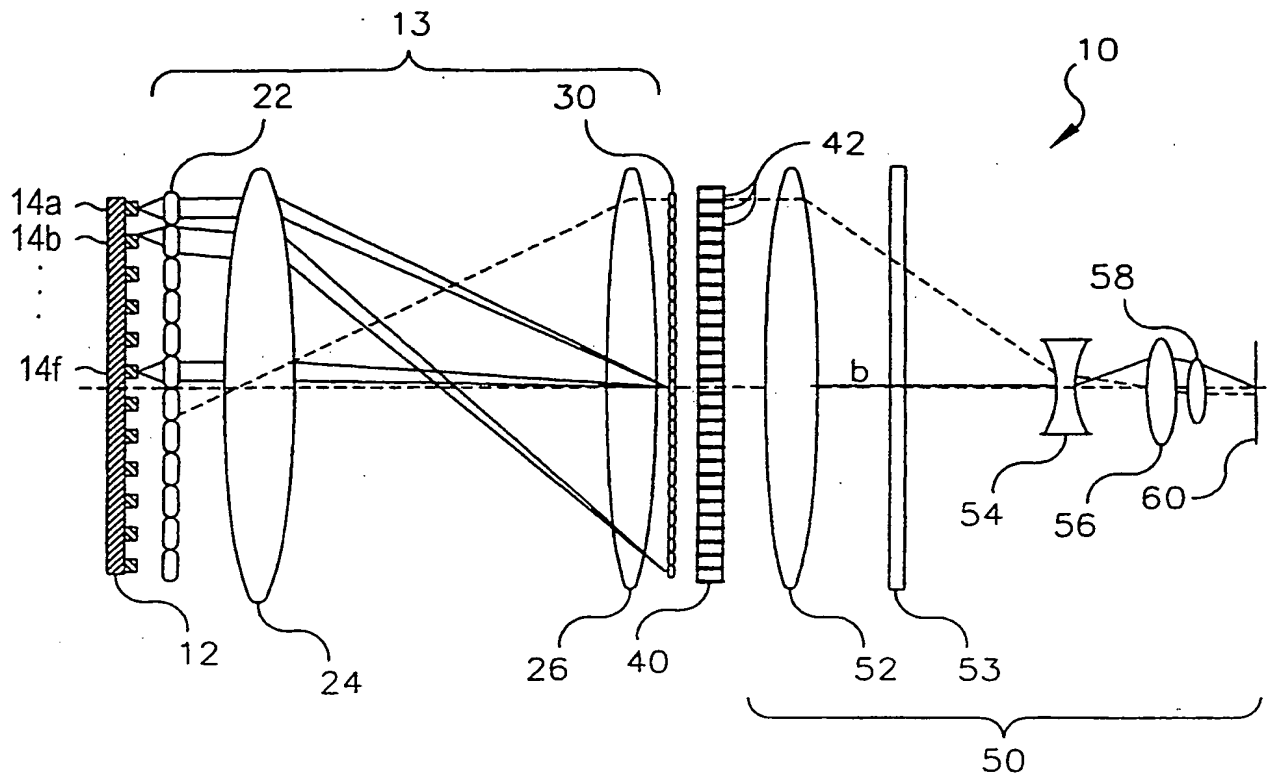


FIG. 2

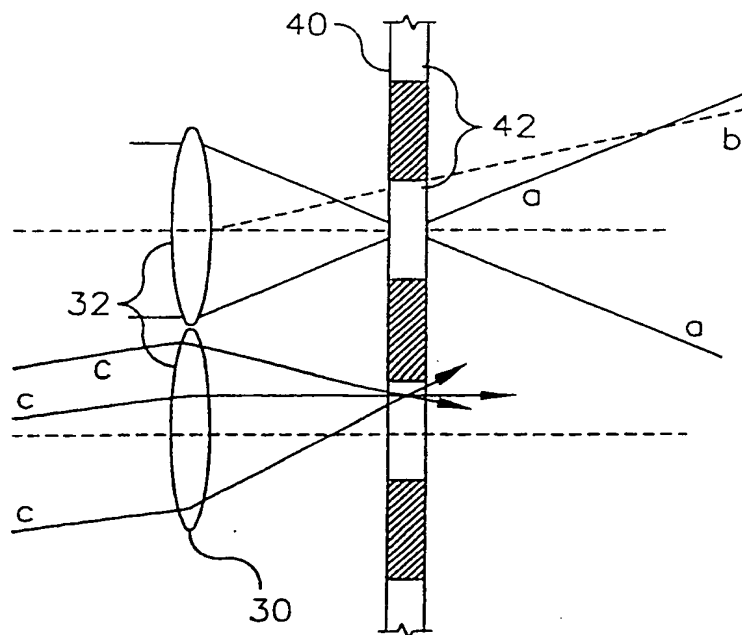


FIG. 3

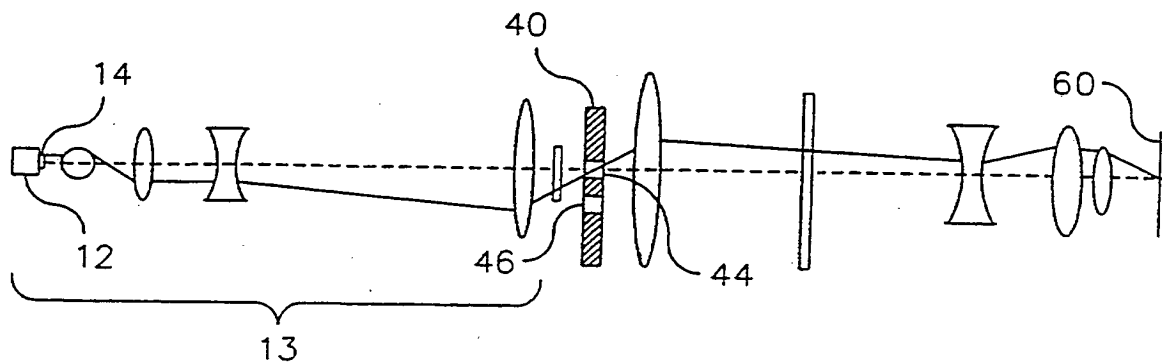


FIG. 4

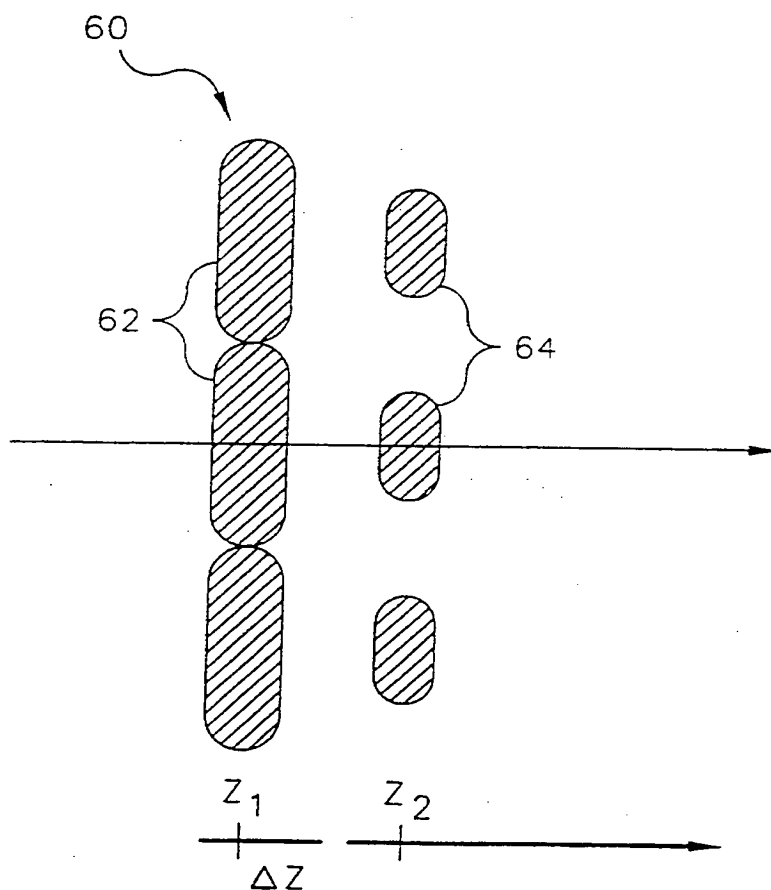


FIG. 5

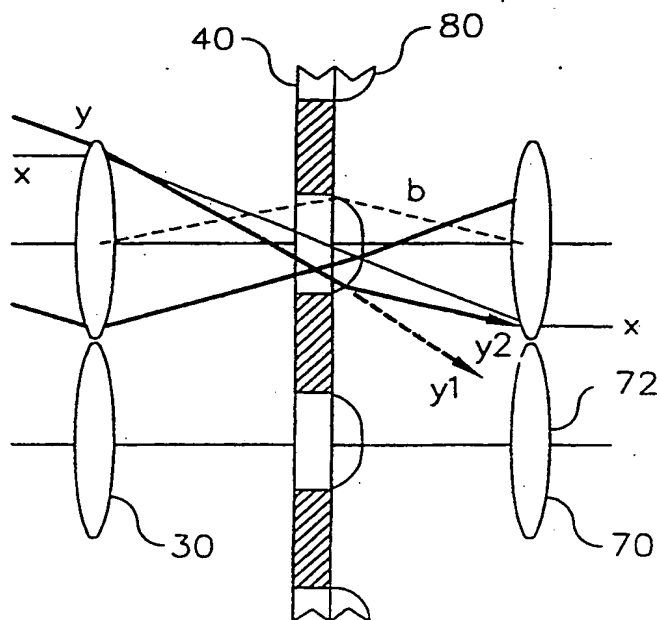


FIG. 6

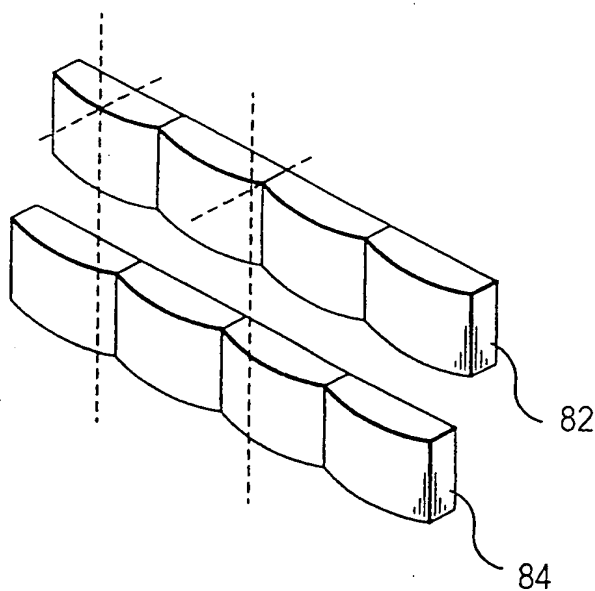


FIG. 7

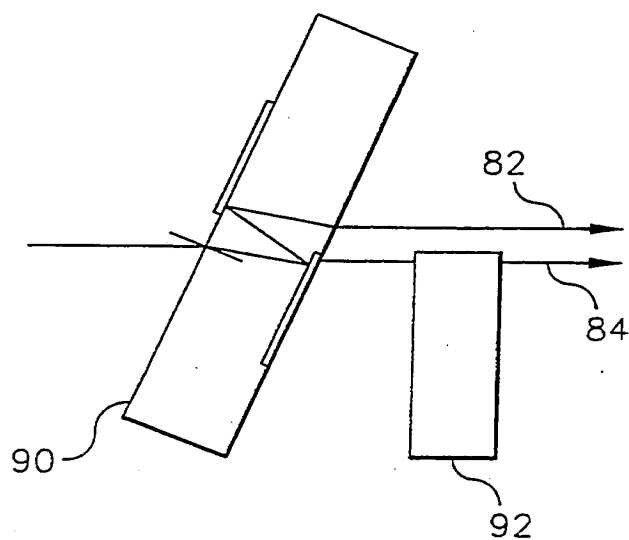


FIG. 8

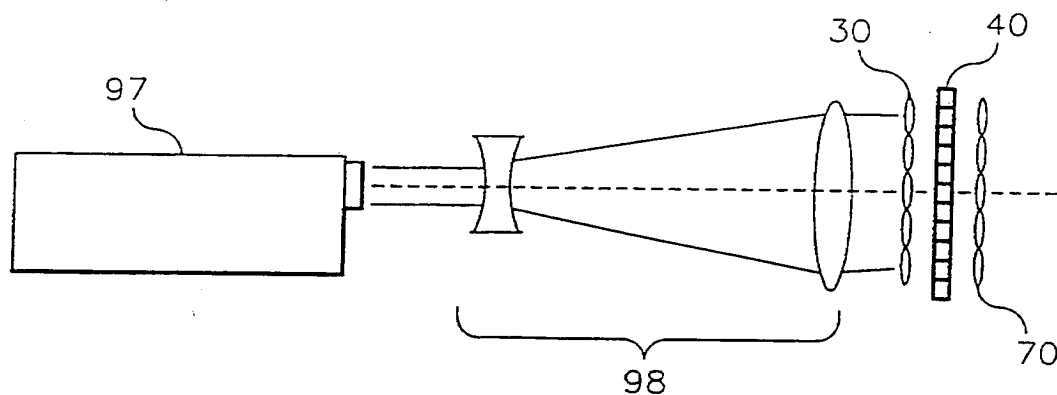


FIG. 9